

# 대한민국 특허청

## KOREAN INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE

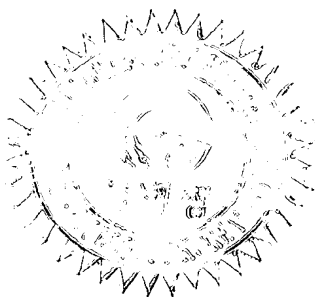
별첨 사본은 아래 출원의 원본과 동일함을 증명함.

This is to certify that the following application annexed hereto  
is a true copy from the records of the Korean Intellectual  
Property Office.

출원번호 : 10-2003-0015389  
Application Number

출원년월일 : 2003년 03월 12일  
Date of Application MAR 12, 2003

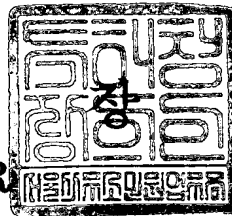
출원인 : 한국과학기술원  
Applicant(s) Korea Advanced Institute of Science and Technology



2003      년    08      월    19      일

특      허      청

COMMISSIONER





## 【서지사항】

【서류명】	특허출원서
【권리구분】	특허
【수신처】	특허청장
【제출일자】	2003.03.12
【국제특허분류】	H04B
【발명의 명칭】	파장분할다중방식 메트로 광통신망
【발명의 영문명칭】	Wavelength division multiplexed metro optical network
【출원인】	
【명칭】	한국과학기술원
【출원인코드】	3-1998-098866-1
【대리인】	
【성명】	허진석
【대리인코드】	9-1998-000622-1
【포괄위임등록번호】	2000-029820-0
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정윤철
【성명의 영문표기】	CHUNG, Yun Chur
【주민등록번호】	560430-1001518
【우편번호】	305-333
【주소】	대전광역시 유성구 어은동 한빛아파트 101동 401호
【국적】	KR
【발명자】	
【성명의 국문표기】	정환석
【성명의 영문표기】	CHUNG, Hwan Seok
【주민등록번호】	740901-1788014
【우편번호】	770-822
【주소】	경상북도 영천시 화북면 용소리 620번지
【국적】	KR
【심사청구】	청구
【취지】	특허법 제42조의 규정에 의한 출원, 특허법 제60조의 규정에 의한 출원심사를 청구합니다. 대리인 허진석 (인)

**【수수료】**

【기본출원료】 20 면 29,000 원

【가산출원료】 2 면 2,000 원

【우선권주장료】 0 건 0 원

【심사청구료】 5 항 269,000 원

【합계】 300,000 원

【감면사유】 정부출연연구기관

【감면후 수수료】 150,000 원

【첨부서류】 1. 요약서·명세서(도면)\_1통

**【요약서】****【요약】**

파장분할다중방식 메트로 광통신망에 관하여 개시한다. 본 발명의 광통신망은, 직접 변조방식의 송신기들과, 광신호들을 다중화시켜 송신하는 다중화기가 있는 송신단과; 다중화기로부터 다중화신호를 수신받아 역다중화시켜 출력하는 역다중화기와, 각각의 역다중화 신호가 입력되는 수신기들이 있는 수신단과; 다중화기와 상기 역다중화기를 연결하되, 1550 nm 파장에서  $-1 \text{ ps/nm/km} \sim -3.3 \text{ ps/nm/km}$ 인 음분산값과 양의 분산기울기를 갖는 광섬유가 구비되는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의하면, 직접 변조 방식과 음분산값이 적절히 조절된 광섬유를 이용함으로써, 광신호의 왜곡을 감소시킬 수 있고, 예러가 방지되며, 전송거리를 300km 이상으로 할 수 있고, FWM에 의한 성능저하 없이 신호를 장거리 전송할 수 있으며, 구조가 간단하고 경제적인 메트로 광통신망을 구현할 수 있다.

**【대표도】**

도 2

**【색인어】**

파장분할다중방식, 광통신망, 광섬유, 직접 변조방식, 음분산

**【명세서】****【발명의 명칭】**

파장분할다중방식 메트로 광통신망{Wavelength division multiplexed metro optical network}

**【도면의 간단한 설명】**

도 1은 종래의 광통신망에 사용되는 대표적인 광섬유들의 파장에 따른 분산값을 표시한 그래프;

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 WDM 방식 메트로 광통신망을 설명하기 위한 개략도;

도 3은 도 1에 도시된 종래의 광섬유를 이용한 경우의 광통신망과 본 발명의 실시예에 따른 광통신망의 특성을 실험하기 위한 실험 구성도;

도 4는 도 3에 도시된 각각의 광통신망의 아이 다이어그램을 측정한 그래프;

도 5는 도 3의 실험 구성도에 도시된 광통신망에 각각 이용되는 각각의 광섬유에 대한 전송 거리별 Q값을 측정한 그래프;

도 6은 분산이 양과 음인 광섬유에 대하여 분산을 보상하지 않고 직접 변조된 신호를 전송한 후에 Q값이 18dB 이상을 유지할 수 있는 최대 전송거리를 광섬유 분산값을 나타낸 그래프; 및

도 7은 본 발명에 따른 광통신망의 성능을 100GHz의 채널간격으로 다중화된 16개의 WDM 광신호를 이용하여 평가한 것을 나타낸 그래프들이다.

**【발명의 상세한 설명】**

**【발명의 목적】**

**【발명이 속하는 기술분야 및 그 분야의 종래기술】**

- <8> 본 발명은 파장분할다중(Wavelength Division Multiplexing, 이하 WDM이라 한다.) 방식 메트로 광통신망에 관한 것으로, 특히 음분산 광섬유와 직접 변조방식을 이용하는 파장분할다중방식 메트로 광통신망에 관한 것이다.
- <9> 최근 인터넷을 비롯한 각종 데이터 서비스가 급격히 증가함에 따라 전송망의 대폭적인 전송용량의 증대가 요구되고 있다. 이러한 요구를 가장 경제적으로 수용할 수 있는 방안으로 파장이 서로 다른 여러 개의 광신호를 다중화하여 하나의 광섬유를 통해 전송하는 WDM 방식 광전송 시스템을 들 수 있다. 이러한 WDM 방식의 광전송 시스템은 현재 장거리 통신망의 전송용량의 증대를 위하여 널리 사용되고 있으며, 시내 통신망이나 지역 통신망 등의 메트로망에서도 널리 사용되고 있다.
- <10> 이러한 메트로망을 구현함에 있어 우선적으로 고려되어야 할 사항은 경제성이며, 이를 위하여 광섬유 및 광신호의 변조방식에 따른 송신기 선택이 무엇보다 중요하다.
- <11> 도 1은 종래의 광통신망에 사용되는 대표적인 광섬유들의 파장에 따른 분산값을 표시한 그래프이다.

- <12> 도 1을 참조하면, 종래의 광통신망에 사용되는 대표적인 광섬유로는 1550nm 파장에서 16ps/nm/km 정도의 분산값을 갖는 단일모드 광섬유(single-mode fiber, 이하 SMF라 한다.)와 1550nm 파장에서 1.5ps/nm/km~4 ps/nm/km 범위의 분산값을 갖는 비영분산천이 광섬유(non-zero dispersion-shifted fiber, 이하 NZDSF라 한다.) 및 1550nm 파장에서 -7ps/nm/km 정도의 분산값을 갖는 MetroCor 광섬유가 있다.
- <13> 송신단에서 광신호를 변조하는 방식은 크게 외부 변조방식과 직접 변조방식 두 가지가 있다. 외부 변조방식은 별도로 마련된 외부변조기를 사용하여 레이저에서 출력되는 광을 '1'과 '0'으로 표시되는 디지털 신호로 변환하는 방식이고, 직접 변조방식은 레이저의 구동전류를 입력신호에 따라 변화시키는 방식을 말한다. 외부 변조방식은 별도의 변조기를 이용하므로 변조된 광신호에 처업(chirp)이 발생하지 않아 장거리 전송이 가능하다. 여기서 처업이란 입력되는 전기적 디지털 신호에 따라 광신호의 파장이 순간적으로 변화하는 현상을 말한다. 그러나, 외부 변조방식에 사용되는 변조기는 높은 구동전압이 필요하여 별도의 고전압 전기신호 증폭기가 필요하고, 비용이 고가인 단점이 있다. 이에 반하여, 직접 변조방식은 추가적인 변조기가 필요하지 않으므로 비용이 저렴하고, 고출력을 얻을 수 있으며, 시스템의 구조가 간단하다는 장점이 있다. 그러나, 레이저 내부의 캐리어 밀도의 변화에 따라 광신호의 주파수가 변하게 되어, 광신호가 광섬유를 통과하는 동안 펄스의 앞부분에는 짧은 파장 성분(청변위)이 유발되며, 뒷부분에는 긴 파장 성분(적변위)이 생성되는 처업이 발생되므로, 이로 말미암아 파장폭이 넓어져 신호가 전송되면서 펄스가 왜곡된다.
- <14> 한편, 종래의 대표적인 광섬유 중 SMF와 NZDSF와 같은 광섬유는 양의 분산값을 가지므로, 레이저의 광신호를 직접 변조했을 때 발생하는 처업 현상과 마찬가지로 펄스의



앞부분을 청변위시키고 뒷부분을 적변위시킨다. 따라서, SMF나 NZDSF를 이용하여 직접 변조된 광신호를 전송하는 경우 펄스의 퍼짐 현상이 가속되어 전송거리가 극히 제한되게 된다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 전송시스템의 중간에서 광신호의 위상을 변환시켜 펄스 퍼짐을 억제하기 위한 광위상변환(optical phase conjugation 혹은 mid-span spectral inversion) 방법이나 처업으로 발생한 파장성분의 일부를 광필터로 제거하는 방법들이 제안되었다. 그러나, 이 방법들은 매우 복잡할 뿐 아니라, 사용가능한 광섬유의 대역폭을 감소시키므로 성능 개선이 미미하다는 단점이 있다. 다른 방법으로는 광섬유에서 발생하는 펄스 퍼짐 현상을 분산보상 광섬유(dispersion compensation fiber, 이하 DCF라 한다.)를 사용하여 억제하는 방법이 있다. 이 역시 DCF가 고가이므로 망의 구성비용이 증가할 뿐 아니라 DCF 자체에서 발생하는 손실을 보상하기 위하여 추가적으로 광증폭기가 필요하다는 문제점이 있다. 이러한 문제점을 해결하고 직접 변조된 광신호의 처업 특성을 효과적으로 이용하기 위해서는 광섬유의 분산값의 조절이 중요하며, 특히 광섬유 분산값의 절대값이 작아야 하며 부호는 음이어야 한다. 도 1에 도시된 바와 같이 직접 변조된 광신호를 분산값이 음인 MetroCor 광섬유를 이용하여 전송하면 처업이 반대 방향으로 발생하여 펄스퍼짐을 억제할 수 있다. 그러나, MetroCor 광섬유의 분산값은 1550nm 파장에서  $-7\text{ps/nm/km}$ 이므로 종래의 직접 변조로 인하여 발생하는 처업과 비교하여 MetroCor 광섬유의 분산값의 절대값이 너무 크다는 문제점이 있다. 즉, 메트로망에서 일반적으로 사용되고 있는 10Gb/s의 속도를 가지는 광신호를 직접 변조하여 MetroCor 광섬유를 통하여 전송하는 경우 최대 전송거리가 100km 이하로 제한된다. 따라서, 메트로망의 크기가 주로 100km~200km이고, 장애 복구시 필요한 최대 전송거리는 300km 이상임을 감안한다면, MetroCor 광섬유를 이용하여 메트로망을 구성하는 경우 분산보상이 반



드시 필요하다. 이와 같은 분산보상은 상기한 바와 같이 시스템의 복잡성을 증가시키고 경제성을 저하시킨다는 단점이 있다.

#### 【발명이 이루고자 하는 기술적 과제】

<15> 상술한 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 본 발명의 기술적 과제는 별도의 분산 보상이나 광필터링 없이 300km 이상의 장거리 전송이 가능한 광섬유를 사용하여 경제적인 파장분할다중방식 메트로 광통신망을 제공하는 데 있다.

#### 【발명의 구성 및 작용】

<16> 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 파장분할다중방식 메트로 광통신망은: 광을 각각 다른 파장의 광신호들로 직접 변조하여 출력하는 송신기들과, 상기 송신기로부터 출력된 각각의 상기 광신호들을 다중화시켜 송신하는 다중화기가 있는 송신단과; 상기 다중화기로부터 출력된 다중화신호를 수신받아 각각의 파장별로 역다중화시켜 출력하는 역다중화기와, 상기 역다중화기로부터 출력된 각각의 역다중화 신호가 입력되는 수신기들이 있는 수신단과; 상기 다중화기와 상기 역다중화기를 연결하되, 1550nm 파장에서  $-1\text{ps/nm/km} \sim -3.3\text{ps/nm/km}$ 인 음분산값과 양의 분산기울기를 갖는 광섬유가 구비되는 것을 특징으로 한다.

<17> 이 때, 상기 다중화기와 상기 역다중화기 사이에 적어도 하나의 광증폭기가 설치되는 것이 바람직하다. 그리고, 상기 어느 하나의 광증폭기와 인접하는 광증폭기 사이의 거리는 10km~80km이어도 좋다.

- <18> 나아가, 상기 광섬유는 영분산 파장이 1560nm~1595nm인 것을 특징으로 한다.
- <19> 더 나아가, 상기 송신기는 채널당 전송속도가 10Gb/s인 것을 특징으로 한다.
- <20> 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명한다.
- <21> 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 WDM 방식 메트로 광통신망을 설명하기 위한 개략도이다.
- <22> 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 WDM 방식 메트로 광통신망은 광송신기와 다중화기가 있는 송신단과, 역다중화기와 수신기가 있는 수신단과, 다중화기와 역다중화기를 연결하는 광섬유와, 다중화기와 역다중화 사이에 소정 거리마다 설치되는 광증폭기를 포함하여 이루어진다.
- <23> 송신기는 입력된 신호에 따라 레이저의 구동전류를 변화시킴으로써 광을 서로 다른 파장의 디지털 광신호로 직접 변조한다. 다중화기는 송신기로부터 출력된 각각의 광신호들을 입력받아 다중화시켜 송신한다.
- <24> 역다중화기는 다중화기로부터 출력된 다중화신호를 수신받아 각각의 파장별로 역다중화시켜 출력한다. 수신기는 역다중화기로부터 출력된 각각의 역다중화 신호가 입력받아 전기적 신호로 각각 변환시켜 출력한다.
- <25> 다중화기와 역다중화기를 연결하는 광섬유로는, 영분산 파장이 1560nm~1595nm이고, 1550nm 파장에서  $-1\text{ps/nm/km} \sim -3.3 \text{ /nm/km}$ 인 음분산값과 양의 분산기울기를 갖는 음분산 광섬유가 사용된다. 종래의 분산값이 양인 광섬유들을 통하여 직접 변조된 신호를 전송할 경우에는 펄스 퍼짐이 가속된다. 그리고, 분산이 음인 광섬유

의 분산값이 너무 크면 광신호의 왜곡이 심해지며, 분산이 너무 작아 제로에 가까워지면 광신호의 왜곡은 감소하지만 서로 다른 파장의 광신호들이 혼합되어 새로운 간섭신호를 발생시키는 사광파 혼합(Four-Wave Mixing: 이하 FWM이라 한다.) 현상을 유발한다. 따라서, 본 발명의 실시예에서는 상술한 음분산 광섬유를 사용하였다.

<26> 광증폭기들은 다중화기와 역다중화기 사이에 설치되며, 광섬유의 손실을 보상하기 위하여 사용된다. 광증폭기는 어븀이 첨가된 것을 사용한다. 이것은 1530nm~1565nm 구간 내의 파장 성분을 갖는 광신호를 증폭시키므로, 증폭 파장 구간 내에서 광신호를 전송하는 시스템의 경우 광섬유의 손실로 인한 광신호 세기의 감쇄와 이로 인한 전송 거리 감소가 방지된다. 본 실시예에서, 광증폭기들은 그들 사이의 거리가 10km~80km가 되도록 설치하였다.

<27> 미도시되었지만, 다중화기와 역다중화기 사이에는 필요에 따라 광분기/결합(Add/Drop)기가 설치된다.

<28> 이하에서, 본 발명의 광통신망과 도 1에 도시된 광섬유를 이용한 광통신망에 대하여 비교 설명한다.

<29> 도 3은 도 1에 도시된 종래의 광섬유를 이용한 경우의 광통신망과 본 발명의 실시예에 따른 광통신망의 특성을 실험하기 위한 실험 구성도이다. 도 3의 (a)는 본 발명의 광통신망의 경우로서 320km 길이의 음분산 광섬유를 전송 선로로 사용하되 변조된 신호의 증폭을 위하여 80km 마다 광증폭기를 설치하였지만 광섬유의 분산은 보상하지 않은 경우이고, 도 3의 (b)는 103km 길이의 MetroCor 광섬유 전송 선로로 사용한 경우이며, 도 3의 (c)는 96km 길이의 NZDSF 광섬유를 전송 선로로 사용한 경우이고, 도 3의 (d)는

20km 길이의 SMF 광섬유를 전송 선로로 사용한 경우이며, 도 3의 (e)는 320km 길이의 SMF 광섬유를 전송 선로로 사용하되 80km마다 DCF를 설치하여 분산을 보상한 경우이다.

<30> 도 3을 참조하면 각각의 경우에 대하여 공통적으로, 직접 변조를 위한 레이저 (directly modulated laser: 이하, DML이라 칭함)가 송신단에 구비되어 있으며, 채널당 10Gb/s 의 속도로 변조된다. DML의 문턱 전류와 발진파장은 25??에서 각각 21.5mA와 1550.12nm이다. 그리고, 각각의 광섬유에 인가되는 광신호의 전력은 0dBm이다. 본 실험 구성도에서는 하나의 DML을 사용하였으나, 송신단에 구비된 DML은 일정한 채널 간격을 갖는 여러 개의 레이저로 대체될 수 있다.

<31> 한편, 본 발명에 따른 광통신망에 사용되는 광섬유의 손실은 1550nm 파장에서 0.2dB 이하이며, 분산값은 -2.5ps/nm/km 이하이고, 영분산 파장은 1585nm이다. 그리고, 광증폭기로는 어븀이 첨가된 광증폭기(Erbium doped fiber amplifier: EDFA)가 사용되었지만, 실제 메트로망에서는 신호의 분기/결합을 위한 광분기결합기로 대체할 수 있다.

<32> 도 3의 (e) 경우와 같은 DCF 모듈의 분산은 1km 당 - 80ps/nm 정도이며, 광손실은 0.5dB 이상으로 커서 손실보상을 위한 추가적인 광증폭기가 필요하므로, 2단 증폭기가 추가로 사용되었다.

<33> 그리고 도 3의 (a)와 (e)의 경우에는 광증폭기에서 발생된 잡음성분(amplified spontaneous emission noise: ASE noise)을 제거하기 위하여 수신기로서 배열도파로 격자(arrayed waveguide grating: 이하, AWG 라 한다)를 이용하였다. 이 때, 사용된 AWG의 3dB 대역폭은 0.32nm로 신호의 선폭보다 크므로 신호를 필터링 하지 않게 하였다.



- <34> 도 4는 도 3에 도시된 각각의 광통신망의 아이 다이어그램을 측정한 그래프이다. 여기서, 도 4의 (a')는 레이저에서 출력되는 신호에 대하여 아이 다이어그램을 측정한 것이고, 도 4의 (a) 내지 (e)는 도 3의 (a) 내지 (e)에 따른 광통신망을 이용하여 광신호를 전송한 후에 아이 다이어그램을 각각 측정한 것이다.
- <35> 아이 다이어그램은 광신호의 왜곡의 정도를 나타내는 척도로써 이용되고 있으며, 아이 다이어그램에서의 아이 오프닝(eye opening) 정도가 최대가 되도록 함으로써 광신호의 왜곡을 감소시킬 수 있다.
- <36> 도 4를 참조하면, 도 3의 (a)와 (b)에 의한 경우 즉 음의 분산값을 갖는 광섬유를 이용한 경우가, 도 3의 (c)와 (d)에 의한 경우 즉 양의 분산값을 갖는 광섬유를 이용한 경우보다 아이가 크게 열려있음을 알 수 있다. 그리고, 도 3의 (e)에 의한 경우에는 양의 분산값을 갖는 광섬유를 이용하였지만 DCF를 사용하여 분산을 보상함으로써 종래의 양의 분산값을 갖는 광신호의 아이 오프닝 정도보다 큼을 알 수 있다.
- <37> 상술한 바와 같이, 직접 변조된 광신호가 광섬유를 통과하는 동안 펄스의 앞부분에서는 짧은 파장 성분(청변위)이 생성되고, 뒷부분에서는 긴 파장 성분(적변위)이 생성되는 처업이 발생된다. 이로 말미암아 파장폭이 넓어져 전송거리가 길어짐에 따라 펄스가 왜곡되는데, 음분산 값을 갖는 광섬유를 이용하는 경우에는 상술한 변위와 반대되는 변위를 유발하므로 펄스가 압축되기 때문에, 음의 분산값을 갖는 광섬유를 이용한 경우가 양의 분산값을 갖는 광섬유를 이용한 경우보다 아이 오프닝 정도가 크게 나타난다.
- <38> 도 5는 도 3의 실험 구성도에 도시된 광통신망에 각각 이용되는 각각의 광섬유에 대한 전송 거리별 Q값을 측정한 그래프이다. 채널당 전송속도는 10Gb/s이다.



- <39> Q값은 수신단에서 광신호와 잡음과의 크기의 비를 나타내며, 이를 사용하여 광전송 시스템의 성능을 평가할 수 있다. 일반적으로 광전송 시스템의 Q값은 18dB ( $BER < 10^{-15}$ ) 이상으로 유지되어야 하며, Q값이 높을수록 비트오차율이 낮으므로 종국적으로 에러가 작게 일어난다.
- <40> 도 5를 참조하면, SMF 광섬유를 전송 선로로 이용한 도 3의 (d)인 경우에는 18dB 이상의 Q값이 유지되는 최대 전송거리가 20km 이하이고, NZDSF 광섬유를 전송 선로로 이용한 도 3의 (c)인 경우에는 18dB 이상의 Q값이 유지되는 최대 전송거리가 80km 이하임을 알 수 있다. 그리고, MetroCor 광섬유를 전송 선로로 이용한 도 3의 (b)인 경우에는 103km 전송시까지는 Q값이 21.1dB로 측정되었지만, 103km 이상의 거리에서는 분산값이 커져 급격하게 Q값이 감소함을 알 수 있다.
- <41> 그러나, 본 발명의 광통신망인 도 3의 (a)의 경우에는 별도의 분산보상 없이 전송거리가 320km 이상인 경우에도 Q값이 20.2dB 이상으로 나타났다. 이것은 도 SMF 광섬유를 사용하되 분산이 보상된 도 3의 (e)의 경우보다 전송 성능이 우수한 것이다. 이유는 상기한 바와 같이 DCF에서 발생하는 많은 광손실을 보상하기 위하여 추가적인 광증폭기를 사용하였으므로 광신호대 잡음비가 저하되기 때문이다.
- <42> 따라서, 직접 변조된 레이저의 처업 특성을 효과적으로 이용하기 위해서는 본 발명의 광통신망과 같이 광섬유 분산의 절대값은 작아야 하며 부호는 음이어야 함을 알 수 있다.
- <43> 도 6은 분산이 양과 음인 광섬유에 대하여 분산을 보상하지 않고 직접 변조된 신호를 전송한 후에 Q값이 18dB 이상을 유지할 수 있는 최대 전송거리를 광섬유 분산값을 나타낸 그래프이다. 채널당 전송속도는 10Gb/s로 가정하였다.



<44> 도 1 및 도 5를 참조하면, 종래의 NZDSF를 이용한 광통신망의 경우에 NZDSF의 분산값은  $+4\text{ps/nm/km}$ 이고, Q값이 18dB일 때의 최대 전송거리는 약 80km이므로, 최대누적분산값(최대누적분산값은 Q값이 18dB인 지점의 지점의 거리를 구하고, 그 거리에 광섬유의 분산값을 곱해서 구한다.)은  $+320\text{ps/nm}$ 이다. 그리고, 본 발명의 광통신망을 이용한 경우에 분산값은  $-2.5\text{ps/nm/km}$ 이고, Q값이 18dB일 때의 최대 전송거리는 약 400km이므로, 최대누적분산값은  $-1000\text{ps/nm}$ 가 된다. 따라서, 직접 변조하는 경우 분산보상없이 300km 이상 전송하기 위해서는 분산이 양일 경우 최대 허용 누적분산값인  $+320\text{ps/nm}$ 를 전송거리인 300km로 나누면 광섬유의 분산값은  $1.1\text{ps/nm/km}$  보다 작아야 하고, 분산값이 음일 경우에는  $-1000\text{ps/nm}$ 를 300km로 나누면 광섬유의 분산값은  $-3.3\text{ps/nm/km}$ 보다 커야 한다. 즉, 광섬유 분산의 범위는  $-3.3\text{ps/nm/km} \sim +1.1\text{ps/nm/km}$  사이가 되어야 함을 알 수 있다. 그러나, 광신호의 처업을 이용하기 위해서는 광섬유의 분산값이 음이 되어야 하므로, 그 범위는  $-3.3\text{ps/nm/km} \sim 0\text{ps/nm/km}$ 가 된다. 그러나, 여러 개의 채널이 다중화되어 전송되는 WDM 광전송 시스템에서는 광섬유의 분산값이 일정값 이상이 되어야 FWM이 발생하지 않으므로 통상적으로 절대값을 약  $1\text{ps/nm/km}$  정도로 정한다. 따라서, 통상적으로 사용되는 광증폭기의 C밴드( $1530\text{nm} \sim 1560\text{nm}$ ) 사이에서 FWM에 의한 성능저하 없이 10Gb/s 직접 변조된 신호의 장거리 전송을 위해서는 광섬유의 분산값은  $-3.3\text{ps/nm/km} \sim -1\text{ps/nm/km}$ 가 되어야 함을 알 수 있다.

<45> 따라서, 본 발명의 광통신망에 사용되는 광섬유의 일 예인, 1550nm 파장에서 분산값은  $-2.5\text{ps/nm/km}$  이하이고 영분산 파장은 1585nm인 광섬유를 이용하면, 아이 오프닝 정도가 최대가 되도록 함으로써 광신호의 왜곡을 감소시킬 수 있고, Q값이 높아서 비트

오차율이 낮아지므로 에러가 방지되며, 전송거리를 300km 이상으로 할 수 있고, FWM에 의한 성능저하 없이 신호를 장거리 전송할 수 있다.

<46> 도 7은 본 발명에 따른 광통신망의 성능을 100GHz의 채널간격으로 다중화된 16개의 WDM 광신호를 이용하여 평가한 것을 나타낸 그래프들이다.

<47> 도 7의 (a)는, 1547.72nm~1559.79nm의 파장에서 동작하는 16개의 WDM 광신호 중에서 채널 5번의 광신호는 직접 변조를 하였고, 나머지 채널들의 광신호들은 리튬 니오베이트(LiNbO<sub>3</sub>) 변조기를 이용하여 외부변조를 하여 전송한 경우의 Q-팩터값을 측정한 그래프이다. 실험 특성상 직접 변조를 위한 레이저는 제한되어 있어 채널 5번의 광신호만을 직접 변조하였지만, 모든 채널의 광신호들을 직접 변조하여도 된다.

<48> 도 7의 (a)를 참조하면, 320km 전송 후에도 각 채널에 대한 Q-팩터값이 19.5dB 이상으로 측정되었으며, 단일 채널전송과 비교하여 성능의 저하가 미미함을 알 수 있다.

<49> 도 7의 (b) 및 (c)는 WDM방식 광전송 시스템에서 FWM에 의한 영향을 알아보기 위한 그래프들이다. FWM은 서로 다른 파장의 광신호들이 혼합되어 새로운 간섭신호를 발생시키는 것으로, 이는 WDM 시스템에서 누화(crosstalk)로 작용하여 신호의 성능을 저하시키는 중요한 요인이 된다. FWM은 여러 채널 전송시 전송 채널중에서 중앙채널이나 광섬유의 분산값이 가장 작은 채널에서 크게 발생한다. 그러나, 채널이 전송시스템의 파장 대역에 있을 경우에는 FWM을 관찰할 수 없으므로 이를 알아보기 위하여 송신단에서 채널을 제거하고 전송하면 그 대역에서 FWM 성분을 알 수 있다. 따라서, 도 7의 (b)는 중앙채널 8, 9번을 제거하고 측정한 그래프이고, 도 7의 (c)는 분산값이 가장 작은 채널 15, 16을 제거하고 측정한 것을 나타낸 그래프이다.



<50> 도 7의 (b) 및 (c)를 참조하면, 본 발명에 따른 광통신망에서는 FWM 성분들이 전혀 관찰되지 않아 광신호의 성능이 저하되지 않음을 알 수 있다.

【발명의 효과】

<51> 상술한 바와 같이 본 발명에 따른 파장분할다중방식 메트로 광통신망에 의하면, 직 접변조 방식과 음분산값이 적절히 조절된 광섬유를 이용함으로써, 광신호의 왜곡을 감소 시킬 수 있고, 에러가 방지되며, 전송거리를 300km 이상으로 할 수 있고, FWM에 의한 성능저하 없이 신호를 장거리 전송할 수 있다.

<52> 나아가, 구조가 간단하고 경제적인 메트로 광통신망을 구현할 수 있다.

<53> 본 발명은 상기 실시예에만 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 많은 변형이 가능함은 명백하다.

**【특허청구범위】****【청구항 1】**

광을 각각 다른 파장의 광신호들로 직접 변조하여 출력하는 송신기들과, 상기 송신기로부터 출력된 각각의 상기 광신호들을 다중화시켜 송신하는 다중화기가 있는 송신단과;

상기 다중화기로부터 출력된 다중화신호를 수신받아 각각의 파장별로 역다중화시켜 출력하는 역다중화기와, 상기 역다중화기로부터 출력된 각각의 역다중화 신호가 입력되는 수신기들이 있는 수신단과;

상기 다중화기와 상기 역다중화기를 연결하되, 1550nm 파장에서  $-1\text{ps/nm/km} \sim -3.3\text{ps/nm/km}$ 인 음분산값과 양의 분산기울기를 갖는 광섬유가 구비되는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 메트로 광통신망.

**【청구항 2】**

제 1항에 있어서, 상기 다중화기와 상기 역다중화기 사이에 적어도 하나의 광증폭기가 설치되는 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 메트로 광통신망.

**【청구항 3】**

제 2항에 있어서, 상기 어느 하나의 광증폭기와 인접하는 광증폭기 사이의 거리는 10 km~80km인 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 메트로 광통신망.

**【청구항 4】**

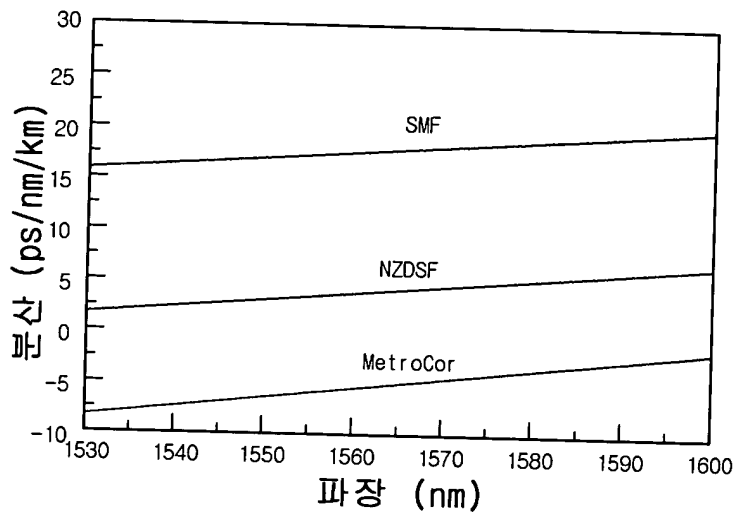
제 1항에 있어서, 상기 광섬유는 영분산 파장이 1560nm~1595nm인 것을 특징으로 하는 파장분할다중방식 메트로 광통신망.

【청구항 5】

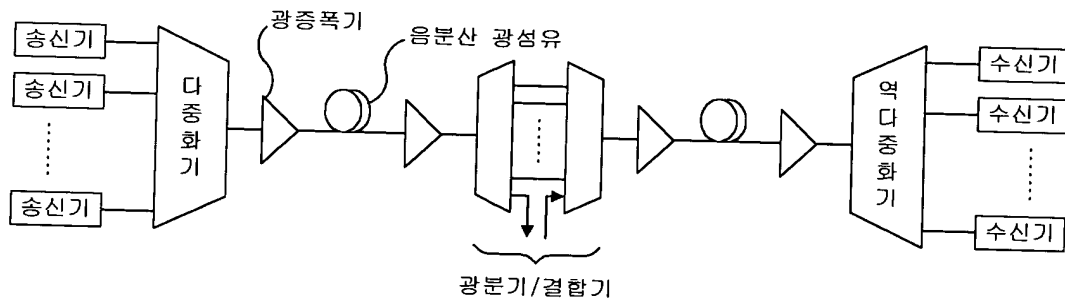
제 1항에 있어서, 상기 송신기는 채널당 전송속도가 10Gb/s인 것을 특징으로 하는  
파장분할다중방식 메트로 광통신망.

【도면】

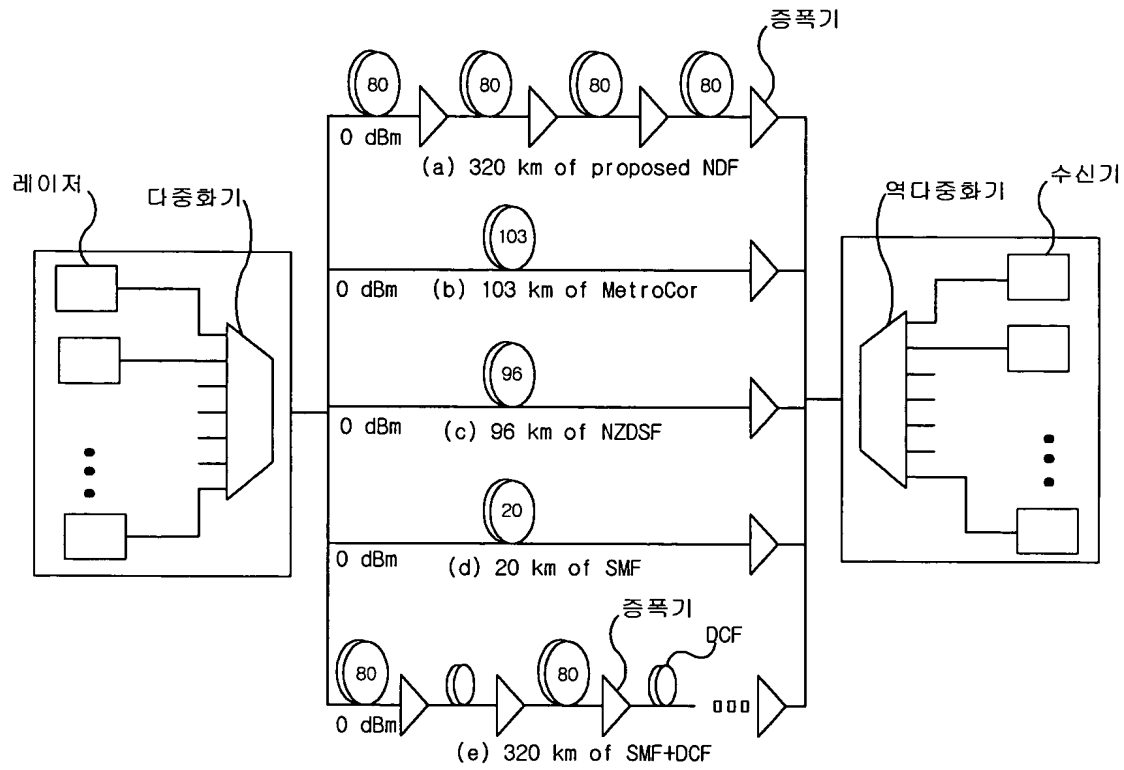
【도 1】



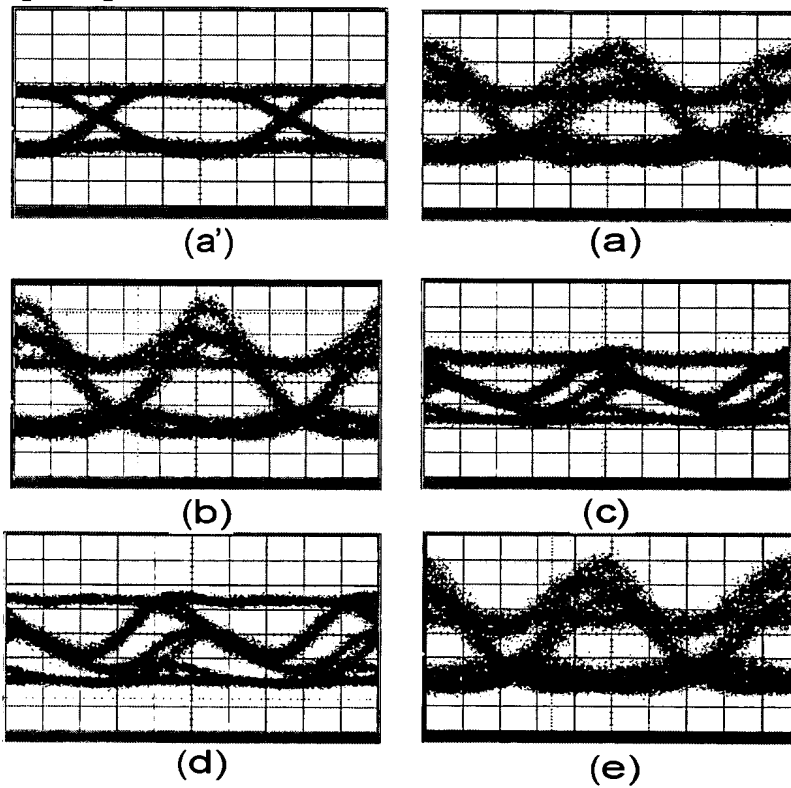
【도 2】



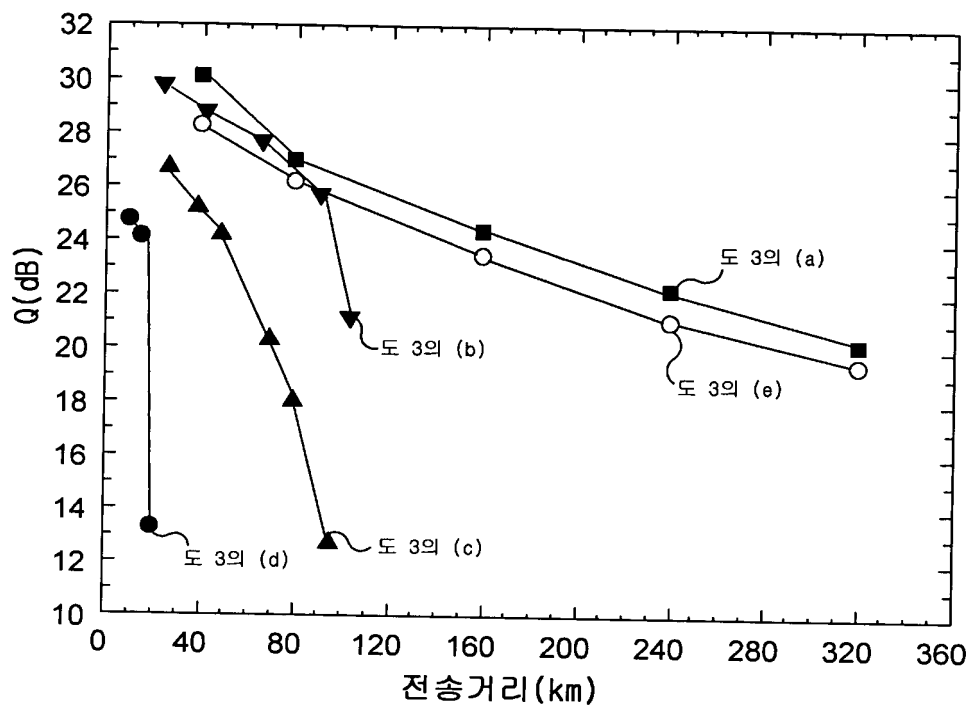
【도 3】



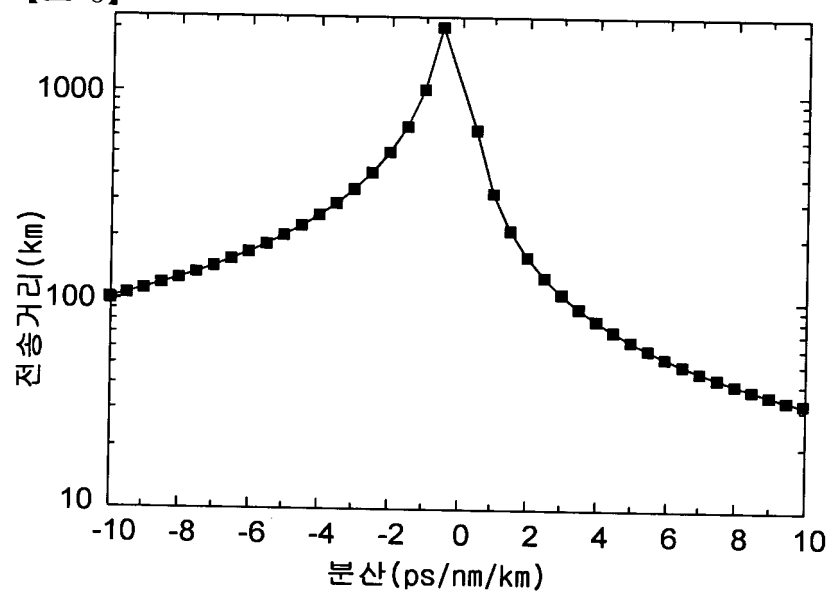
【도 4】



【도 5】



【도 6】



【도 7】

